Einfluß von Dauerlicht und verschiedenen Dunkel-Licht-Zyklen auf die Entwicklung von Phaseolus vulgaris

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des Grades eines Doktors

der Naturwissenschaften

der

Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Eberhard-Karls-Universität

zu Tübingen

1962

vorgelegt von

WERNER HORHAMMER

aus Speyer/Rhein

1962

7425

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Juli 1962

Dekan: Prof. Dr. K. G. Grell
1. Berichterstatter: Prof. Dr. E. Bünning
2. Berichterstatter: Prof. Dr. K. Mägdefrau

Nicht einzeln im Buchhandel Überreicht vom Verfasser

Sonderdruck aus der
Zeitschrift für Botanik
50. Band Heft 5
Gustav Fischer Verlag Stuttgart 1962

Einfluß von Dauerlicht und verschiedenen Dunkel-Licht-Zyklen auf die Entwicklung von Phaseolus vulgaris

(Aus dem Botanischen Institut der Universität Tübingen)

Von

Werner Hörhammer

Mit 3 Abbildungen

Eingegangen am 21. Oktober 1962

Einleitung

Über pathologische Erscheinungen, die bei niederen und höheren Pflanzen unter konstanten Bedingungen (konstante Temperatur ohne Dunkel-Licht-Wechsel) auftreten, ist in den letzten Jahren wiederholt berichtet worden (Neeb 1952; Kallio 1953; Ruddat 1961; Arthur and Harvill 1937; Withrow 1949; Hilman 1956).

Ausgehend von diesen Erfahrungen sollte in der vorliegenden Arbeit untersucht werden, wie Dunkel-Licht-Zyklen, für die Dunkelzeiten von 6—24 Stunden ausgewählt wurden, auf die Blätter-, Blüten- und Samenentwicklung wirken.

Bei der Wahl geeigneter Pflanzen für diese Versuche konnte festgestellt werden, daß *Phaseolus vulgaris* schon im Dauerlicht nach ungefähr 1 Monat blühte und Früchte bildete. Dadurch war es möglich, die Entwicklung im Dauerlicht mit derjenigen in den Dunkel-Licht-Zyklen zu vergleichen. In der 1. Versuchsreihe ist untersucht worden, ob sich Dunkel-Licht-Zyklen, wenn sie nur bis zur Blütenentfaltung (21 Tage lang) beibehalten wurden, noch im darauffolgenden Dauerlicht (1 Monat lang) auf die Pflanzen während der Fruchtbildung auswirkten.

In der 2. Versuchsreihe wurden die Pflanzen bis zum Versuchsende (49 Tage lang) Dunkel-Licht-Zyklen unterworfen. In diesen beiden Versuchsreihen sind Dunkel-Licht-Zyklen mit Dunkelzeiten verwendet worden, die jeden 3. Tag auf die Pflanzen einwirkten. In der 2. Versuchsreihe sollte weiterhin geprüft werden, ob Dunkelzeiten, die durch 2 Stunden Licht unterbrochen werden,

schädigender wirken als nicht unterbrochene Dunkelzeiten, die noch während der Fruchtbildung fortdauern. In der 3. Versuchsreihe erhielten die Pflanzen Dunkel-Licht-Zyklen bis zum Versuchsende mit täglichen Dunkelzeiten, um untersuchen zu können, ob durch die langen Lichtzeiten der Dunkel-Licht-Zyklen in der 2. Versuchsreihe Schädigungen in der Entwicklung auftreten könnten.

Material und Anzucht

Versuchspflanze war *Phaseolus vulgaris* (Saatgut: Samenzüchterei Karl Hild, Marbach/Neckar; Sorte Sankt Andreas, Ernte 1957 und 1958). Ausgewählte Samen wurden in der Versuchskammer 4—5 Stunden vorgequollen. Die Keimung im Dauerlicht erfolgte 3—4 Tage nach der Aussaat. Am 11. Tag wurden die Pflanzen nach ihrer Größe und Entwicklung aussortiert und den oben angeführten Versuchsbedingungen unterworfen. Die Primärblätter hatten sich zu diesem Zeitpunkt entfaltet und wurden nicht mehr von den Kotyledonen überdeckt.

Beschreibung der Versuchsanlage

Die Versuche wurden in 2 Klimakammern bei einer Temperatur von 20 ° ± 0,5 ° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60 ± 10 % durchgeführt. Das Leuchtaggregat bestand aus miteinander abwechselnd angebrachten 24 Osram HNT 202 (40 W) nSY und 24 Osram / L (40 W) 25 nSZ Röhren. Diese wurden so montiert, daß sie die Versuchspflanzen von oben und seitwärts anstrahlten. Eine Plexiglasfolie von 5 mm Dicke schirmte die Röhren vom Versuchsinnenraum ab. Die Beleuchtungsstärke in Höhe der oberen Fiederblätter der Pflanzen betrug 7500 LUX.

Meßmethode

Für die Bestimmung der Samenentwicklung wurden nach Versuchsende die Samen aus den noch grünen Hülsen entfernt und ihre Länge gemessen. Nach einer dreistündigen Trocknung bei 100 ° C konnte dann das Samentrockengewicht bestimmt werden. Die Streuung der einzelnen Tabellenwerte wurde nach der Formel $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma \triangle^2}{n-1}}$ ermittelt, wobei $\triangle$ die quadratische Abweichung vom Mittelwert und n die Anzahl der Samen bedeuten.

Versuchsergebnisse

1. Versuchsreihe

Einfluß von Dauerlicht und von Dunkelzeiten, die bis zur Blütenentfaltung jeden 3. Tag einwirken (12:60stündige Dunkel-Licht-Zyklen).

Für die folgenden Untersuchungen ist zunächst in einem Vorversuch nachgewiesen worden, daß bei Pflanzen, die nur bis zur Blütenentfaltung im 12:60-stündigen Dunkel-Licht-Zyklus aufwuchsen, noch nach 24 Tagen im darauffolgenden Dauerlicht Unterschiede in der Samenentwicklung (ausgedrückt durch das Samentrockengewicht) gegenüber den Dauerlichtpflanzen auftraten (Tabelle 1).

Tabelle 1

Samentrockengewichte nach 54 Tagen bei den Dauerlichtpflanzen und denen, die vom 11. Tage nach der Aussaat bis zur Blütenentfaltung (21 Tage) im **12**:60stündigen Dunkel-Licht-Zyklus aufwuchsen und sich danach im Dauerlicht weiterentwickelten.

Bedingung	Samentrockengewicht (mg/Same)	Anzahl der Samen
12:60stündiger Dunkel-Licht-Wechsel	70,0 ± 30,9	25
Dauerlicht	19,6 ± 7,1	25

Auf Grund dieser Feststellung ist nun in der 1. Versuchsreihe untersucht worden, wie sich Dunkelzeiten, die kürzer bzw. länger als 12 Stunden waren und ebenfalls jeden 3. Tag nur bis zur Blütenentfaltung auf die Pflanzen einwirkten, gegenüber den Dauerlichtbedingungen in der Entwicklung der Pflanzen bemerkbar machten.

Folgende Dunkel-Licht-Zyklen sind den Pflanzen, die in Gruppen eingeteilt wurden, beginnend 11 Tage nach der Aussaat (Primärblattentfaltung) bis zur Blütenentfaltung (21 Tage) gegeben worden:

Gruppe 1, (wie im Vorversuch) **12**:60stündiger Dunkel-Licht-Zyklus,
Gruppe 2, **6**:66stündiger Dunkel-Licht-Zyklus,
Gruppe 3, **18**:54stündiger Dunkel-Licht-Zyklus,
Gruppe 4, **24**:48stündiger Dunkel-Licht-Zyklus,
Die Gruppe 5 erhielt Dauerlicht.

Bei diesen und den folgenden Versuchsreihen betrug die Versuchsdauer von der Aussaat ab gerechnet 2 Monate.

Schon vor der Blütenentfaltung (ungefähr 25 Tage nach der Aussaat) konnte an den Primärblättern einzelner Pflanzen in den verschiedenen Gruppen ein allmähliches Vergilben von der Spreitenbasis bis zur Spreitenspitze der Blätter, die später verwelkten, beobachtet werden (Tabelle 2).

Aus der Tabelle 2 ist klar ersichtlich, daß beim Versuchsende (nach 2 Monaten) fast alle Pflanzen Primärblattvergilbung und -verwelkung aufwiesen. Die oberen Fiederblätter (3. und 4. Blattfolge nach den Primärblättern) dagegen zeigten diese Vergilbungserscheinungen in den einzelnen Gruppen nicht. An diesen wechselte nach ungefähr 1 Monat die Blattfarbe von Normalgrün auf Dunkelgrün. Danach bildeten sich an den Blattader-Arealen gelbe Flecken,

Tabelle 2

Primärblattvergilbung bzw. -verwelkung nach 1 und 2 Monaten sowohl im Dauerlicht als auch nach verschiedenen 21tägigen Dunkel-Licht-Zyklen (bis zur Blütenentfaltung) im darauffolgenden Dauerlicht. In Klammern: Art der Dunkel-Licht-Zyklen bzw. Anzahl der Pflanzen.

Gruppe	Anzahl Pflanzen mit Primärblattvergilbung nach 1 Monat	Anzahl Pflanzen mit Primärblattvergilbung bzw. -verwelkung nach 2 Monaten
1 (**12**:60), (13)	0	13
2 (**6**:66), (13)	3	12
3 (**18**:54), (12)	0	11
4 (**24**:48), (12)	3	10
5 (Dauerlicht), (12)	4	10

die sich allmählich regellos auf die ganze Blattfläche verteilten. Diese chlorotischen Schädigungen, die HILMAN (1956) ebenfalls zuerst an den Blattader-Arealen bei Tomaten fand, wiesen hier in allen Gruppen nach Versuchsende keine nennenswerten Unterschiede auf.

Ein Einfluß dieser verschiedenen 21tägigen Dunkel-Licht-Zyklen auf das Blühen ist nicht beobachtet worden. Pflanzen, die Dunkel-Licht-Zyklen unterworfen waren, und die Dauerlichtpflanzen blühten nach 31 ± 2 Tagen. Ebenfalls traten in allen Gruppen Fruchtmißbildungen auf, wie sie in Abbildung 1 dargestellt sind.

Tabelle 3

Samenlängen und Samentrockengewichte nach 2 Monaten bei den Dauerlichtpflanzen und den Pflanzen, die vom 11. Tage nach der Aussaat bis zur Blütenentfaltung (21 Tage) in verschiedenen Dunkel-Licht-Zyklen aufwuchsen und sich danach im Dauerlicht 1 Monat lang weiterentwickelten. In Klammern: Dunkel-Licht-Zyklen.

Gruppe	Samenlänge (in mm)	Samentrockengewicht (in mg/Same)	Anzahl der Samen
1 (**12**:60)	15,0 ± 1,2	106,0 ± 33,9	95
2 (**6**:66)	12,8 ± 2,4	93,3 ± 48,5	83
3 (**18**:54)	13,4 ± 2,2	71,6 ± 37,9	122
4 (**24**:48)	13,0 ± 2,3	74,4 ± 50,0	60
5 (Dauerlicht)	10,5 ± 2,5	44,1 ± 35,4	69

Jedoch war in der Samenentwicklung (ausgedrückt durch Samenlänge und Samentrockengewicht) nach Versuchsende ein Nachwirken der Dunkel-Licht-Zyklen im darauffolgenden Dauerlicht zu bemerken (Tabelle 3).

Aus der Tabelle 3 geht deutlich hervor, daß die Dauerlichtpflanzen kleinere Samen aufwiesen als die Dunkel-Licht-Pflanzen. Bei den Dunkel-Licht-Pflanzen konnte ein Zunehmen der Samenlänge und des Samentrockengewichts vom **6**:66stündigen zum **12**:60stündigen Dunkel-Licht-Zyklus festgestellt werden, während in den **18**:54stündigen und **24**:48stündigen Dunkel-Licht-Zyklen die Werte wieder abnahmen. Außerdem zeigten Samenlänge und Samentrockengewicht im **12**:60stündigen Dunkel-Licht-Zyklus gegenüber den anderen Dunkel-Licht-Zyklen eine viel geringere Streuung. Im **24**:48stündigen Dunkel-Licht-Zyklus traten gegenüber dem **18**:54stündigen keine nennenswerten Unterschiede in der Samenentwicklung auf. Auffallend war, daß nach dem **6**:66stündigen Dunkel-Licht-Zyklus im darauffolgenden Dauerlicht noch nach 1 Monat ein Unterschied in der Samenentwicklung gegenüber derjenigen der Dauerlichtpflanzen bemerkt werden konnte.

2. Versuchsreihe

Einfluß von Dauerlicht und Dunkel-Licht-Zyklen mit Dunkelzeiten, die jeden 3. Tag bis zum Versuchsende auf die Pflanzen einwirken.

In der 2. Versuchsreihe wurden nun die verschieden langen Dunkelzeiten bis zum Versuchsende — noch während der Fruchtbildung — beibehalten. Dadurch sollte festgestellt werden, ob Blätter und Blüten erst dann beeinflußt werden, wenn die Dunkel-Licht-Zyken während der Fruchtbildung fortdauerten. Weiterhin ist in dieser Reihe untersucht worden, ob eine 2stündige Unterbrechung der Dunkelzeit durch Licht schon größere Schädigungen hervorrufen würde als eine nicht unterbrochene Dunkelzeit. Da in der 1. Versuchsreihe im **12**:60stündigen Dunkel-Licht-Zyklus die größten Werte in den Samenlängen und Samentrockengewichten auftraten, wurde für diese Untersuchung die 12stündige Dunkelzeit nach 6 Stunden durch 2 Stunden Licht unterbrochen. Die Pflanzen, die in Gruppen eingeteilt wurden, erhielten 11 Tage nach der Aussaat (Primärblattentfaltung) bis zum Versuchsende (49 Tage) nachstehende Dunkel-Licht-Zyklen:

Gruppe 6, **12**:60stündig.
Gruppe 7, **24**:48stündig.
Gruppe 8, **6**:2:**6**:58stündig.
Die Gruppe 9 erhielt Dauerlicht.

Es wurden deshalb bei den Gruppen 6 und 7 in den **12**:60- und **24**:48-stündigen Dunkel-Licht-Zyklen Untersuchungen vorgenommen, da besonders bei der Samenentwicklung anzunehmen war, daß im **6**:66stündigen und im **18**:54stündigen Dunkel-Licht-Zyklus die Werte der Samenlängen und der Samentrockengewichte nur Zwischenwerte darstellten.

Während in der 1. Versuchsreihe sowohl bei den Dunkel-Licht-Pflanzen als auch bei den Dauerlichtpflanzen nach 2 Monaten fast alle Primär b l ä t t e r vergilbt oder verwelkt waren, konnte in dieser Versuchsreihe nach 2 Monaten beobachtet werden, daß nur noch nahezu 75 % aller Dunkel-Licht-Pflanzen Primärblattvergilbung oder -verwelkung aufwiesen (Tabelle 4).

Tabelle 4

Primärblattvergilbung bzw. -verwelkung nach 1 und 2 Monaten entweder im Dauerlicht oder in verschiedenen Dunkel-Licht-Zyklen, die vom 11. Tage nach der Aussaat bis zum Versuchsende (49 Tage) wirkten. In Klammern: die Dunkel-Licht-Zyklen bzw. die Anzahl der Pflanzen.

Gruppe	Anzahl Pflanzen mit Primärblattvergilbung nach 1 Monat	Anzahl Pflanzen mit Primärblattvergilbung bzw. -verwelkung nach 2 Monaten
6 (**12**:60), (12)	3	9
7 (**24**:48), (13)	7	9
8 (**6**:2:**6**:58), (12)	1	6
9 (Dauerlicht), (13)	6	13

Ebenfalls konnte ein Einfluß der verschiedenen 49tägigen Dunkel-Licht-Zyklen auf die oberen Fiederblätter (3. und 4. Blattfolge nach den Primärblättern) an den chlorotischen Schädigungen bemerkt werden. Allerdings wirkten sich hier im Gegensatz zu den Vergilbungs- und Verwelkungserscheinungen an den Primärblättern die verschieden langen Dunkelzeiten der jeweiligen Dunkel-Licht-Zyklen auf die Entstehung der Chlorosis aus.

Die Chlorosis nahm bei längeren Dunkelzeiten ab. Ausgehend von den Dauerlichtpflanzen, deren Schädigungen mit 100 % angegeben werden, kann für die Schädigungen im **6**:2:**6**:58stündigen Dunkel-Licht-Zyklus mit 50 %, für die im **12**:60stündigen Dunkel-Licht-Zyklus mit 30 % und für die im **24**:48stündigen Dunkel-Licht-Zyklus mit 10 % angegeben werden.

An den oberen Fiederblättern konnte weiterhin nach Versuchsende beobachtet werden, daß sowohl im Dauerlicht als auch in den **6**:2:**6**:58stündigen und **12**:60stündigen Dunkel-Licht-Zyklen Blattmißbildungen entstehen, und zwar Kräuselungen und glanzartige Oberflächen. Im **24**:48stündigen Dunkel-Licht-Zyklus zeigten sich dagegen keine Blattmißbildungen. Hier war die Blattfarbe hellgrün bis normalgrün, während in allen anderen Dunkel-Licht-Zyklen und im Dauerlicht, wie schon in der 1. Versuchsreihe, vor Beginn der Chlorosis die Blattfarbe nach dunkelgrün überging.

Ein Einfluß der verschiedenen 49tägigen Dunkel-Licht-Zyklen auf die B l ü t e n entfaltung konnte auch in dieser Versuchsreihe nicht gefunden werden. Alle Pflanzen blühten nach 31 ± 2 Tagen. Ebenfalls traten in allen Gruppen Fruchtmißbildungen auf.

Interessant dürfte in der S a m e n e n t w i c k l u n g sein, daß auch hier eine Wirkung der verschiedenen 49tägigen Dunkel-Licht-Zyklen bemerkt werden konnte, die Samenlängen und Samentrockengewichte jedoch kleinere Werte als in der 1. Versuchsreihe zeigten.

Bei der geringen Anzahl der Samen der Dauerlichtpflanzen (30 Samen) war es nicht möglich, die Samen mit denen der Dunkel-Licht-Pflanzen zu vergleichen. Die Mittelwerte der Samenlängen und des Samentrockengewichts wurden deshalb in der Tabelle nicht angegeben (Tabelle 5).

T a b e l l e 5

Samenlängen und Samentrockengewichte nach 2 Monaten bei den Pflanzen, die sich vom 11. Tage nach der Aussaat bis zum Versuchsende (49 Tage) in verschiedenen Dunkel-Licht-Zyklen entwickelten. In Klammern: die Dunkel-Licht-Zyklen.

Gruppe	Samenlänge (in mm)	Samentrockengewicht (in mg/Same)	Anzahl der Samen
6 (**12**:60)	12,3 ± 1,8	55,0 ± 25,4	62
7 (**24**:48)	12,1 ± 1,9	58,0 ± 34,0	55
8 (**6**:2:**6**:58)	10,6 ± 2,7	36,5 ± 22,3	76

In dieser Versuchsreihe zeigten sich in den **12**:60stündigen und **24**:48stündigen Dunkel-Licht-Zyklen keine nennenswerten Unterschiede mehr in der Samenentwicklung. Ein starkes Abnehmen der Samenlänge und des Samentrockengewichts konnte allerdings im **6**:2:**6**:58stündigen Dunkel-Licht-Zyklus festgestellt werden. Die Streuung der Samenlänge war hier größer als die in den **12**:60stündigen und **24**:48stündigen Dunkel-Licht-Zyklen.

3. Versuchsreihe

Einfluß von Dunkel-Licht-Zyklen mit täglichen Dunkelzeiten bis zum Versuchsende.

Es fragt sich, ob eine unterbrochene tägliche Dunkelzeit gegenüber einer nicht unterbrochenen täglichen Dunkelzeit ebenfalls eine so starke Wirkung auf die Entwicklung der Pflanzen haben kann, wie dies bei den Dunkelzeiten der 2. Versuchsreihe der Fall war. Bei dieser Untersuchung sind — wie in der 2. Versuchsreihe — die 12 Stunden Dunkel nach 6 Stunden durch 2 Stunden Licht unterbrochen worden, so daß den jeweiligen Gruppen folgende Dunkel-Licht-Zyklen 11 Tage nach der Aussaat (Primärblattentfaltung) bis zum Versuchsende (49 Tage) gegeben wurden:

Gruppe 10 erhielt den **12**:12stündigen Dunkel-Licht-Zyklus,

Gruppe 11 erhielt den **6**:2:**6**:10stündigen Dunkel-Licht-Zyklus.

Eine Entwicklung in den oben angegebenen Zyklen ergab, daß die Primärblatt vergilbung und -verwelkung nach 2 Monaten gegenüber den Dunkel-Licht-Pflanzen der 2. Versuchsreihe noch stärker abnahmen. In den **6**:2:**6**:10-stündigen und **12**:12stündigen Dunkel-Licht-Zyklen zeigten nur noch etwa 50 % aller Pflanzen solche Symptome an den Primärblättern (Tabelle 6).

Tabelle 6

Primärblattvergilbung bzw. -verwelkung nach 1 und 2 Monaten sowohl im **12**:12stündigen als auch im **6**:2:**6**:10stündigen Dunkel-Licht-Zyklus. In Klammern: die Dunkel-Licht-Zyklen bzw. die Anzahl der Pflanzen.

Gruppe	Anzahl Pflanzen mit Primärblattvergilbung nach 1 Monat	Anzahl Pflanzen mit Primärblattvergilbung bzw. -verwelkung nach 2 Monaten
10 (**12**:12), (16)	1	7
11 (**6**:2:**6**:10), (17)	0	5

Eine unterschiedliche Auswirkung der beiden Dunkel-Licht-Zyklen konnte — wie schon in der 2. Versuchsreihe — auch hier erst an den oberen Fiederblättern (3. und 4. Blattfolge nach den Primärblättern) beobachtet werden.

Nur im **6**:2:**6**:10stündigen Dunkel-Licht-Zyklus sind chlorotische Schädigungen und Blattmißbildungen beobachtet worden. Pathologische Erscheinungen an den oberen Fiederblättern konnten im **12**:12stündigen Dunkel-Licht-Zyklus

nicht festgestellt werden. Vergleicht man die Chlorose-Bildung im **6**:2:**6**:10-stündigen Dunkel-Licht-Zyklus mit der im Dauerlicht, so kann man eine Schädigung von nahezu 30 % der oberen Fiederblätter angeben.

Wie schon in den beiden ersten Versuchsreihen, so blühten auch in dieser Reihe die Pflanzen in den 2 Dunkel-Licht-Zyklen nach 31 ± 2 Tagen, so daß anzunehmen ist, daß Dunkel-Licht-Zyklen gegenüber Dauerlicht keinen Einfluß auf die Blütenentfaltung bei *Phaseolus vulgaris* ausüben.

Fruchtmißbildungen wie in Abb. 1 wurden nur im **6**:2:**6**:10stündigen Dunkel-Licht-Zyklus gefunden.

Abb. 1: Fruchtmißbildungen, die außer im **12**:12stündigen Dunkel-Licht-Zyklus auftraten.

Die Fruchtkrümmungen entstanden durch unterschiedliches Wachstum der Ober- und Unterseite des Fruchtblattes. An den Knickstellen bildeten sich braune Flecken.

In dieser Versuchsreihe ist von Interesse, daß in den beiden Dunkel-Licht-Zyklen nur ein minimaler Unterschied in der Samenentwicklung zu bemerken war (Tabelle 7).

In dieser Versuchsreihe konnte somit nachgewiesen werden, daß Dunkel-Licht-Zyklen mit täglichen Dunkelzeiten nur noch einen Einfluß auf die Blätter ausübten.

Tabelle 7

Samenlängen und Samentrockengewichte nach 2 Monaten bei den Pflanzen, die sich vom 11. Tage nach der Aussaat bis zum Versuchsende (49 Tage) im **6**:2:**6**:10stündigen und **12**:12stündigen Dunkel-Licht-Zyklus entwickelten. In Klammern: die Dunkel-Licht-Zyklen in den jeweiligen Gruppen.

Gruppe	Samenlänge (in mm)	Samentrockengewicht (in mg/Same)	Anzahl der Samen
10 (**12**:12)	12,0 ± 1,5	56,4 ± 31,5	78
11 (**6**:2:**6**:10)	11,7 ± 1,5	56,7 ± 27,2	75

Diskussion

Die ermittelten Dauerlichtschäden bei *Phaseolus vulgaris* sind: Stärkere Chlorosis an den Fiederblättern und erhebliche Entwicklungshemmung bei den Samen.

Ein Abnehmen der Schädigungen an den Blättern konnte erst bemerkt werden, wenn Dunkel-Licht-Zyklen während der Fruchtbildung fortdauerten. Wurde nach der Blütenentfaltung Dauerlicht gegeben, so konnte nach Versuchsende festgestellt werden, daß sämtliche Blätter, auch wenn sie verschiedenen Dunkel-Licht-Zyklen vor der Blütenentfaltung ausgesetzt waren, die gleichen pathologischen Erscheinungen aufzeigten. Ähnliches fand Todt (1962) bei *Cichorium intybus;* im Dauerlicht verkrampften sich die einzelnen Blüten des Blütenstandes von außen nach innen. Arnold (1959) beobachtete an *Oenothera* im Dauerlicht eine Blühhemmung.

Werden die Dunkel-Licht-Zyklen bis zum Versuchsende (49 Tage) beibehalten, so konnte festgestellt werden, daß die oberen Fiederblätter darauf empfindlicher reagierten als die Primärblätter. Dies fand auch Hilman (1956) an Tomaten. Die chlorotischen Schädigungen an den oberen Fiederblättern bei *Phaseolus vulgaris* waren nämlich im Gegensatz zu den Vergilbungs- und Verwelkungserscheinungen an den Primärblättern in den einzelnen Dunkel Licht-Zyklen verschieden.

In Abbildung 2 wurde dies in einem Schema dargestellt.

Daraus ergibt sich, daß in Dunkel-Licht-Zyklen von einer Gesamtlänge von 72 Stunden (= die Zeit eines Dunkel-Licht-Zyklus) mindestens 24 Stunden Dunkelheit vorherrschen muß, um eine Chlorosis zu verhindern. Im **12**:12-stündigen Dunkel-Licht-Zyklus liegen offenbar für die Blatt- und Fruchtentwicklung optimale Bedingungen vor. So traten im **24**:48stündigen Dunkel-

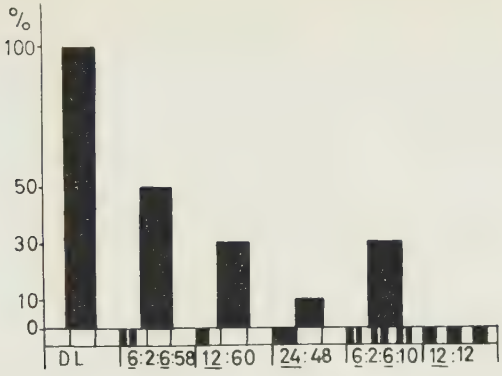


Abb. 2: Chlorotische Schädigungen der oberen Fiederblätter in Abhängigkeit vom Dauerlicht und den verschiedenen Dunkel-Licht-Zyklen. Auf der Ordinate wurden die chlorotischen Schädigungen in Prozentzahlen und auf der Abszisse die Dunkel-Licht-Zyklen, die jeweils in 24 Stunden unterteilt wurden, dargestellt. DL = Dauerlicht.

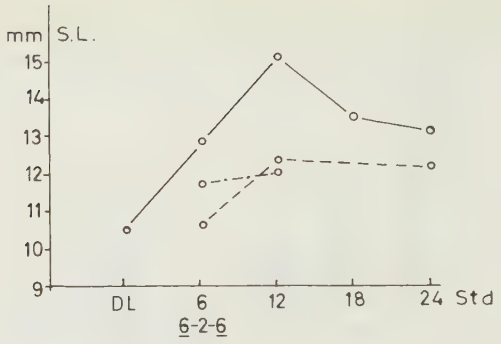
Licht-Zyklus Fruchtmißbildungen auf, die im **12**:12stündigen Dunkel-Licht-Zyklus nicht mehr zu bemerken waren. Interessant dürfte bei *Phaseolus vulgaris* weiterhin sein, daß schon eine 2stündige Lichtgabe während der 12-stündigen Dunkelzeit ein stärkeres Auftreten der Chlorosis bewirkte als nicht unterbrochene Dunkelzeiten.

Ein Nachwirken der Dunkel-Licht-Zyklen im Dauerlicht war nur auf die Samenentwicklung festzustellen. Auffallend war aber, daß hier die Werte der Samenlängen und Samentrockengewichte größer wurden als in Dunkel-Licht-Zyklen, wenn diese während der Fruchtbildung fortdauerten. Dies ist aus den Abbildungen 3 a und b nochmals zu ersehen.

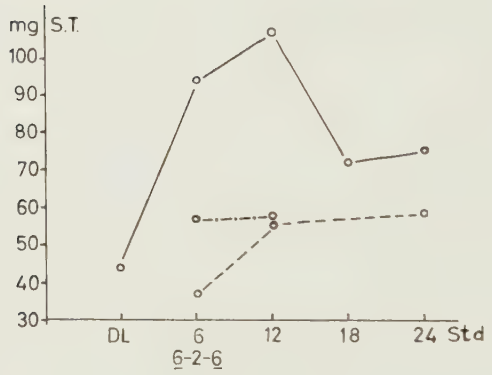
Optimale Bedingungen für die Samenentwicklung bei *Phaseolus vulgaris* scheinen in den Dunkel-Licht-Zyklen mit 12 Stunden Dunkelheit vorzuliegen. Ein Abweichen von diesen Dunkel-Licht-Zyklen wirkte sich nicht mehr so stark aus, wenn diese Zyklen bis zum Versuchsende fortdauerten.

Dunkel-Licht-Zyklen scheinen die Blütenentfaltung bei *Phaseolus vulgaris* nicht zu beeinflussen.

Vergleicht man die Wirkung von Dunkel-Licht-Zyklen mit einer Gesamtlänge von 72 Stunden (1 Zyklus) mit derjenigen von Dunkel-Licht-Zyklen mit einer Gesamtlänge von 24 Stunden (1 Zyklus), so ergibt sich, daß die Prozesse in den Zellen und Geweben in den letzteren Zyklen geordneter verlaufen; denn die Streuung der Samenlängenwerte nimmt von den Zyklen mit 72 Stunden Dunkel-Licht zu jenen mit 24 Stunden Dunkel-Licht ab.



a



b

Abb. 3 a und b: Mittelwerte der Samenlängen (a) und der Samentrockengewichte (b) in Abhängigkeit vom Dauerlicht und den Dunkel-Licht-Zyklen.

Auf den Ordinaten wurden die Samenlängen (S.L.) in mm und die Samentrockengewichte (S.T.) in mg aufgetragen. Auf den Abszissen wurden die Dunkelzeiten der jeweiligen Dunkel-Licht-Zyklen dargestellt. Die unterbrochenen Dunkelzeiten (**6**:2:**6** Stunden) sind der besseren Übersicht halber bei den 6stündigen Dunkelzeiten aufgetragen worden.

DL = Werte im Dauerlicht.

o———o = Werte nach 2 Monaten Versuchsdauer im Dauerlicht, in den **6**:66-stündigen, **12**:60stündigen, **18**:54stündigen und **24**:48stündigen Dunkel-Licht-Zyklen bis zur Blütenentfaltung (21 Tage).

o— — — —o = Werte in den **6**:2:**6**:58stündigen, **12**:60stündigen und **24**:48stündigen Dunkel-Licht-Zyklen bis zum Versuchsende (49 Tage).

o—·—·—·—o = Werte in den **12**:12stündigen und **6**:2:**6**:10:stündigen Dunkel-Licht-Zyklen bis zum Versuchsende (49 Tage).

Zusammenfassung

1. Bei Pflanzen von *Phaseolus vulgaris*, die bis zur Blütenentfaltung (21 Tage) Dunkel-Licht-Zyklen (**6**:66 Stunden; **12**:60 Stunden; **18**:54 Stunden; **24**:48 Stunden) ausgesetzt waren und sich danach 1 Monat im Dauerlicht weiterentwickelten, konnten weder Unterschiede in der Primärblattvergilbung bzw. -verwelkung noch in den chlorotischen Schädigungen der oberen Fiederblätter (3. und 4. Blattfolge nach den Primärblättern) gegenüber den Dauerlichtpflanzen bemerkt werden.

2. Die Samenentwicklung, ausgedrückt durch Samenlänge und Samentrockengewicht, war in den Dunkel-Licht-Zyklen besser als im Dauerlicht. In den Dunkel-Licht-Zyklen (**6**:66 Stunden; **12**:60 Stunden; **24**:48 Stunden) wurden unterschiedliche Werte gefunden.

3. Beibehaltung der Dunkel-Licht-Zyklen (**12**:60 Stunden; **24**:48 Stunden; **6**:2:**6**:58 Stunden) bis zum Versuchsende (49 Tage) bewirkte, daß 75 % aller Dunkel-Licht-Pflanzen Primärblattvergilbung bzw. -verwelkung aufwiesen. Die Chlororis an den oberen Fiederblättern war in den einzelnen Zyklen verschieden.

4. In Dunkel-Licht-Zyklen von **12**:12 Stunden und **6**:2:**6**:10 Stunden bis zum Versuchsende (49 Tage) wiesen nur noch 50 % aller Pflanzen Primärblattvergilbung bzw. -verwelkung auf. Chlorosis trat an den oberen Fiederblättern nur im **6**:2:**6**:10stündigen Dunkel-Licht-Zyklus auf.

5. Ein Einfluß der verschiedenen Dunkel-Licht-Zyklen auf die Blütenbildung wurde nicht gefunden.

Herrn Professor Dr. E. Bünning danke ich für die Anregung zu dieser Arbeit und für sein stetes Interesse an ihrem Fortgang.

Literatur

1. Arnold, C. G.: Die Blütenöffnung bei Oenothera in Abhängigkeit von Licht-Dunkel-Rhythmus. Planta **53**, 198—211 (1959).

2. Arthur, J. M. and Harvill, E. K.: Plant growth under continuous illumination from sodium vapor lamps supplemented by mercury arc lamps. Contr. Boyce Tompson Inst. **8**, 433—443 (1937).

3. Hilman, W. S.: Injury of tomato plants by continuous light and unfavourable photoperiodic cycles. Amer. J. Bot. **43**, 89—96 (1956).

4. Kallio, P.: The effect of continued illumination on the desmids. Arch. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo **8**, 58—74 (1953).

5. Neeb, O.: Hydrodictyon als Objekt einer vergleichenden Untersuchung physiologischer Größen. Flora **139**, 39—95 (1952).

6. Ruddat, M.: Versuche zur Beeinflussung und Auslösung der endogenen Tagesrhythmik bei Oedogonium carchianum. Z. f. Bot. **49**, 23—46 (1961).

7. Todt, D.: Untersuchungen über Öffnung und Anthocyangehaltsveränderungen der Blüten von Cichorium intybus im Licht-Dunkel-Wechsel und unter konstanten Bedingungen. Z. f. Bot. **50**, 1—21 (1962).

8. Withrow, A. P., Withrow, R. B.: Photoperiodic chlorosis in tomato. Plant Phys. **24**, 657—663 (1949).

LEBENSLAUF

Am 8. Februar 1935 wurde ich als Sohn des Oberstudiendirektors Viktor Hörhammer und seiner Ehefrau Lydia geb. Zwintscher in Speyer/Rhein geboren. Von 1941 bis 1949 besuchte ich in Landau/Pfalz die Volksschule und die damalige Oberrealschule für Jungen. Nach der Übersiedlung meiner Eltern nach Ludwigshafen am Rhein besuchte ich dort bis zur Ablegung der Reifeprüfung im März 1954 das Naturwissenschaftliche Gymnasium an der Jägerstraße. Vom SS 1954 bis SS 1956 studierte ich zunächst an der Ruprecht-Karl-Universität Heidelberg Biologie und Chemie. Vom WS 1956/57 bis WS 1960/61 setzte ich dann mein Studium an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen fort und studierte hauptsächlich Botanik, Mikrobiologie und physiologische Chemie. Nach dem SS 1958 erhielt ich von Professor Dr. E. Bünning, Direktor des Botanischen Instituts Tübingen, meine Promotionsarbeit, die bis Sommer 1961 dauerte. Folgende Dozenten hörte ich während meines Studiums vom SS 1954 bis WS 1960/61 in Botanik, physiologische Chemie und Mikrobiologie:

Botanik:	Prof. Dr. E. Bünning	Prof. Dr. W. Zimmermann
	Prof. Dr. L. Bauer	Prof. Dr. P. Filzer
	Prof. Dr. J. Reinert	Dr. W. Haupt
	Prof. Dr. W. Rauh	Prof. Dr. A. Seybold
Mikrobiologie:	Prof. Dr. R. E. Bader	Dr. W. Haupt
und Zoologie:	Dr. F. Kaudewitz	Prof. Dr. F. P. Möhres
	Prof. Dr. Habs	Prof. Dr. M. L. Lüdicke
	Prof. Dr. Ludwig	
Physiologische Chemie:	Prof. Dr. G. Weitzel	Dr. E. Buddecke
		Dr. F. Lingens
und Chemie:	Gemeinschaftsvorlesung;	
	Prof. Dr. M. Goehring	Prof. Dr. O. Schmidt